

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕПОЧКА РЕАЛИЗАЦИИ ВИЗУАЛЬНЫХ МЕТАФОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕННЫХ В PDF ИНТЕРАКТИВНЫХ 2D И 3D ОБЪЕКТОВ

Крохин А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Проспект Мира, 19, Екатеринбург, Свердловская обл., 620002, Россия
Тел.375-48-78, e-mail: alkrochin@yandex.ru

Аннотация – Научная визуализация эффективно используется в образовании. Интерактивные динамические учебные материалы в PDF повышают эффективность обучающего воздействия. Однако их подготовка требует согласованного использования свободного программного обеспечения различных авторов. Если на конечном этапе применяется единый LaTeX(pdfLaTeX), то исходные графические объекты готовятся не в различных инструментах (MetaPost, Maple, Asymptote и др.) с различными выходными форматами. Особенно это касается 3-мерных объектов, описываемых в огромном количестве форматов. В работе представлена реализация преобразования 2- и 3-мерных математических визуализаций для внедрения в учебные материалы PDF.

EMBEDDING INTERACTIVE 2D AND 3D FIGURES INTO PDF DOCUMENTS AS AN IMPLEMENTATION OF MENTAL MATHEMATICAL IMAGES

Krochin A.L.

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin pr.
Mira, 19, Yekaterinburg, Sverdlovsk region, 620002, Russian Federation
ph.: 375-48-78, e-mail: alkrochin@yandex.ru

Abstract – Scientific visualization is the effective tool, used not only in science [1], but also in education. An interactive and dynamical teaching material in PDF allow increasing the learning process effectiveness. We need to collect and cooperate into whole chain many various public domain programs from various authors. LaTeX (pdfLaTeX) is the pivot tool for final step, but origin point provided by many graphical programs (MetaPost, Maple, Asymptote etc.) with different output formats. This especially refers to 3D images with a vast file format cloud. Here is presented the implementation transforming initial 2D and 3D mathematical subject image into a PDF file by the embedding technology.

I. Введение

Известные слова Ричарда Хемминга: «The purpose of computing is insight, not numbers» как нельзя более точно и образно характеризуют главную цель концепции визуализации результатов научных исследований. В отличие от технических устройств, человеческий организм в своей физиологии остается практически неизменным на протяжении многих десятков тысяч лет. Даже в самых абстрактных разделах математики исследователи прибегают к рисункам.

Неотъемлемым элементом образовательных технологий также являются визуализации, которые применяются и как собственно педагогический инструментарий, и как компонент фактического знания изучаемой учебной дисциплины. Спектр наглядностей определяется технической оснащенностью учебного процесса.

В концепции открытого образования происходит кардинальная перестройка классической схемы непосредственного взаимодействия преподаватель-студент. Причем не только на организационно-управленческом уровне. Учебные материалы с необходимостью должны иметь возможность обеспечения обратной связи в опосредованной цепочке Преподаватель-Образовательная Среда-Студент.

II. Основная часть

Визуализация математических понятий и объектов

Плоское изображение дает довольно ограниченные возможности для адекватной

передачи формы пространственных объектов, фактически имеется лишь одна проекция на плоскость рисунка. Система зрительного восприятия человека также имеет в качестве «исходника» одну проекцию объекта на сетчатку. Однако, эта проекция, во-первых, отражает перспективное искажение изображения, во-вторых, она динамично меняется вследствие рефлекторных движений глазных яблок и деформации хрусталика. Кроме того, в этом процессе участвуют и нервные, и мозговые структуры. Именно в результате совместного действия всех элементов системы зрительного восприятия человек получает информацию о своем положении в пространстве относительно других объектов. Различные жанры художественного рисования (art drawing), особенно живопись, имеют в своем распоряжении множество технических приемов, создающих у зрителя иллюзию естественного восприятия. Альтернативной системой изображения объектов является машиностроительное черчение (инженерное рисование – an engineering drawing), переопределенное ныне в AutoCAD и подобное ПО. Это фактически строгий язык со своей семиотикой (набором условных обозначений), синтаксисом (правилами соединения отдельных графических элементов в целостное изображение), семантикой и прагматикой.

Составление чертежей, а также и чтение требуют от пользователя основательной подготовки, зато подготовленный зритель – конструктор, инженер, рабочий – получает исчерпывающее описание как формы и

материалов отдельных деталей, так и устройства всего сколь угодно сложного изделия.

Для научных и образовательных целей ни та, ни другая система визуализации в целом не подходят, поскольку приходится иметь дело с абстрактными конструкциями, концепциями и понятиями. Поэтому возникает проблема адекватной визуальной метафоры [2], отражающей с одной стороны свойства данного абстракта, а с другой стороны учитывающей особенности зрительного восприятия и мышления человека. Поскольку речь идет о коммуникативном процессе, то важен промежуточный элемент между отправителем и приёмником, материальное воплощение визуальной метафоры. В этом отношении решающую роль играет наличие современной инфраструктуры создания, передачи и отображения графической информации. Пожалуй, именно развитие компьютерной техники инициировало появление широкого спектра типов визуализаций, включающего не одну сотню элементов [3].

Обучающие PDF материалы с 2D и 3D изображениями

Внутренний JavaScript PDF позволяет делать многослойные динамические слайды, на слоях переменной прозрачности размещаем фрагменты текста, формул, рисунки. Динамичность слайда обеспечивается открытием фрагментов схемы, диаграммы, цепочки формул в произвольном порядке. Переключение прозрачности происходит "по событию" – нажатию на кнопку мышки или управляющую кнопку. В исходнике эти возможности задаются специальными тегами, которые при трансляции обрабатываются соответствующими пакетами расширения. Подробное описание излишне, поскольку популярные сборки MikTeX, TEXLive содержат как сами пакеты, так и авторскую руководящую документацию. При отсутствии пакета в сборке система дает запрос на его установку, скачивает и доустанавливает.

В PDF документ можно встроить и анимацию, причем как воспроизводимую внешней программой, так и Adobe Reader'ом. Соответствующий пакет animate также входит в сборки и хорошо документирован. Кадры анимации готовим в графических программах, как и обычные рисунки, только некоторые размерные характеристики содержат управляющий параметр, фактически номер кадра. На рис. 1 приводится кадр анимированной свертки двух финитных функций.

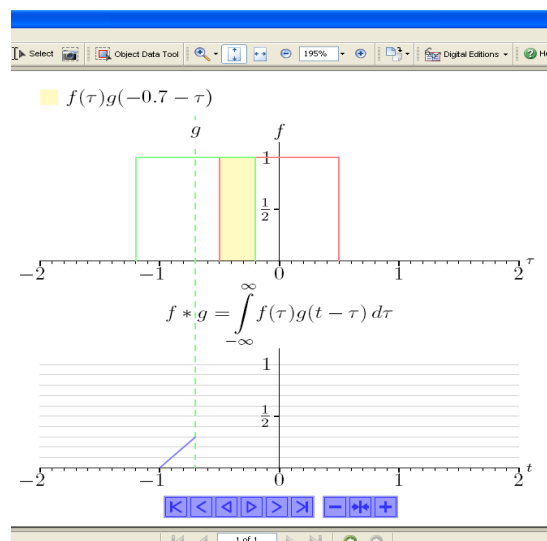


Рис. 1 Кадр анимации

Пожалуй, наиболее интересными и эффектными являются встроенные динамические 3-мерные изображения. В учебном процессе всегда активно использовались как квази 3-мерные рисунки и схемы, а также стандартные проекции и сечения. Психологические закономерности восприятия позволяют зрителю получить достаточно полное представление о форме и строении объекта (см. рис. 2). Динамические 3-мерные картинки можно вращать, масштабировать, панорамировать. Можно менять характер рендинга, получая проволочный каркас или текстурированную поверхность (см. рис.4). Такую возможность давали дорогие коммерческие пакеты Maple, Mathematica, MatLab. Теперь мы можем импортировать изображение и внедрить его в учебный документ PDF, все возможности манипулирования обеспечит свободная Adobe Reader.

Процесс создания динамических обучающих документов PDF

Portable Document Format (PDF) – разработан, совершенствуется и поддерживается

фирмой Adobe и является одним из основных стандартов документов для платформно-независимого обмена. Основными особенностями данного формата файлов в плане использования в обучении являются наличие встроенного языка программирования JavaScript; управляемая многослойная структура слайдов, поддерживающая анимацию и квазианимацию; предусмотрена возможность внедрения (embedding) мультимедийных объектов; имеется встроенный механизм интерактивного просмотра 3-мерных объектов, внедренных из исходников форматов U3D и PRC.

В академической и университетской среде оригинальные, т. е. созданные изначально в данном формате и обладающие всеми предусмотренными форматом возможностями файлы, создаются с применением некоммерческого ПО на основе LaTeX, в которых определяющими являются программы непосредственно "собирающие" текстовые, графические и мультимедийные компоненты в стандартный единый документ PDF.

Выбор конкретной программы для создания графических объектов определяется специфическими особенностями визуализации математических ментальных образов. Обычно в системах типа Maple или MathCad графический объект, скажем график функции, строится по вычисленным координатам точек на основе заданной формулы (см. рис.2).

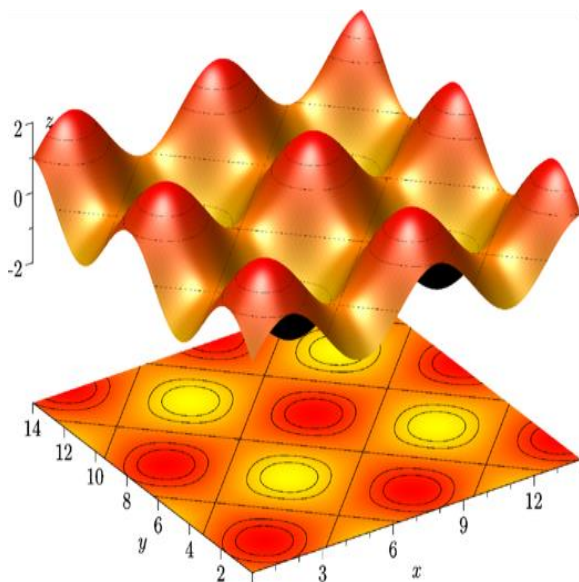


Рис.2. Рисунок-проекция, его вид определяется при генерации и не может изменяться зрителем. Форма поверхности лучше передается квази 3-мерной картинкой, чем системой линий уровня

Другая методика в системах с GUI, здесь рисование сводится к непосредственному указанию с помощи мышки характерных точек нужного графического примитива из имеющегося списка.

Реализация визуальной метафоры ментального образа предполагает с одной стороны «свободное» рисование, не привязанное к заданной математической формуле. Но, с другой стороны, требуется обязательно получить определенные важные свойства изображения: наличие точек пересечения линий, нужный характер выпуклости/вогнутости, перпендикулярность или другие угловые характеристики, определенное взаимное расположение частей рисунка, поставить стрелки, разместить надписи и пр.

Иначе говоря, то, что мы хотим получить, должно быть четко описано подходящим для графической программы-исполнителя способом. Именно такими возможностями обладают язык Meta программы MetaPost, связка PGP/TikZ, PostScript с надстройкой PSTricks. На выходе можно получить либо стандартный графический файл, либо естественный структурный элемент готового документа PDF. Правда изначально упомянутые системы предназначены для описания плоских рисунков и диаграмм. Дополнительные пакеты различных авторов дают возможности получить и 3-мерные картинки, вернее, проекции на плоскость рисунка.

Система Asymptote, обладающая также собственным C-подобным языком программирования, позволяет получать «настоящие» 3D объекты. Имеется в виду

геометрическая модель в собственной 3-мерной системе координат. Она может рендириться и просматриваться в специальном окне посредством OpenGL и динамически изменяться в интерактивном режиме: вращаться, масштабироваться перемещаться и др. Эта модель может быть также импортирована в PRC формате и вставлена в PDF документ, причем возможности интерактивного манипулирования сохраняются. На рис. 3 приводятся снимки экрана Adobe Reader, на которых видны выпадающие меню с управляющими командами.

Вставить в PDF документ 3D образы можно и из других программ, лишь бы они были трансформированы в U3D или PRC форматы. К сожалению, сделать это не так просто, если не прибегать к коммерческим продуктам. Автор использует несколько свободных программ. Это maplex3s2prc, U3DIntelWin и MeshLab.

Файлы форматов U3D и PRC внедряются в PDF документы (Beamer-слайды или текстовые) непосредственно в процессе преобразования из LaTeX-исходников утилитой media9. Необходимые для этого скрипты есть в документации к Asymptote и media9.

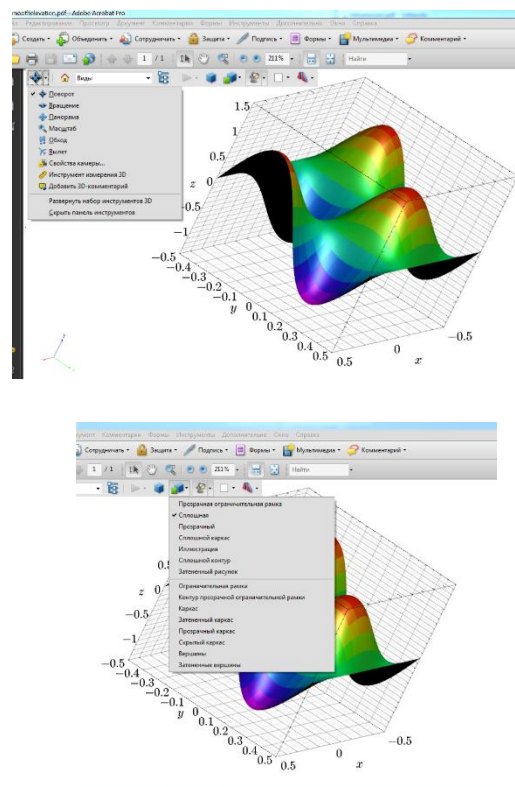


Рис.3. Экранный снимок PDF странички в Acrobat Reader. Видно выпадающее меню с инструментами интерактивности

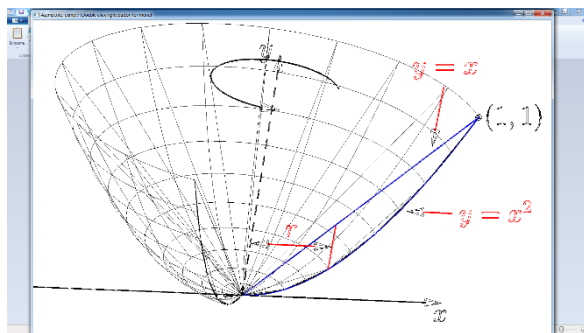


Рис. 4. Проволочный каркас поверхности как одна из управляемых зрителем альтернатив

Последние версии Maple и Matlab также позволяют импортировать динамическую 3D графику. Здесь форматов больше, но наиболее удобен X3D.

III. Заключение

В заключение можно отметить всё более растущую популярность PDF именно в плане динамических 3D документов. Многие интернет журналы по астрономии и биомедицине представляют результаты исследований, визуализированные и преобразованные в

PRC/U3D компоненты статей в PDF[5]. Проблема только в сложной технологической цепочке, компоненты которой не согласованы, и сам выбор программ-компонентов существенно зависит от природы исходных данных. Однако, активный интерес исследователей и работа энтузиастов-программистов вселяет оптимизм.

IV. References

- [1] Wright S.B. Introduction to scientific visualization / Stephen B. Wright. --- Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1995. --- 512~p.
- [2] Крохин А.Л. Принципы и технология математической визуализации: Уч. пособие/ А.Л.Крохин. — Екатеринбург: Изд-во Урал.Ун-та, 2014, — 137,[3] с.
- [3] A Periodic Table of Visualization Methods – Режим доступа: http://www.visual-literacy.org/periodic_table/periodic_table.html
- [4] Дидактические материалы по математике в формате pdf – потенциальные возможности и их реализация. А.Л.Крохин, Труды НОТВ 2011, стр. 116
- [5] Desktop document delivery using portable document format (PDF) files and the Web. Shipman JP¹, Gembala WL, Reeder JM, Zick BA, Rainwater MJ – Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9681165>